

**BREVET D'INVENTION****MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE****P.V. n° 863.022****N° 1.297.906****SERVICE****de la PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE****Classification internationale : B 23 j — B 23 k****Procédé de forgeage à chaud de produits sidérurgiques et produit industriel nouveau obtenu par ce procédé.****M. GASTON BEAUJEU-DUMONTEL** résidant en France (Allier).**FRANCE**  
**DIV. 320****Demandé le 26 mai 1961, à 16<sup>h</sup> 29<sup>m</sup>, à Paris.****Délivré par arrêté du 28 mai 1962.***(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 27 de 1962.)*

u. 78

*(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)*

On sait qu'un grand nombre d'objets en acier ou en alliages ferreux s'obtiennent par déformation à chaud d'ébauches préalablement réchauffées.

La difficulté principale que l'on rencontre lors de cette fabrication découle du fait qu'une pellicule d'oxyde se forme spontanément sur le métal lorsque celui-ci est porté à la température de déformation en présence de l'oxygène atmosphérique.

Lors de la déformation à chaud, qui est obtenue soit en frappant sur l'ébauche des coups successifs, soit en provoquant un écoulement progressif du métal, la pellicule d'oxyde qui est peu malléable s'écaille et se détache en mettant ainsi à nu une nouvelle surface du métal qui à nouveau se réoxyde.

La présence de ces croûtes ou pellicules d'oxyde généralement désignées sous le nom de calamine, offre de nombreux inconvénients parmi lesquels on peut citer :

Une décarburation de la couche superficielle du métal, le carbone contenu dans cette couche étant brûlé par l'oxygène apporté par l'oxyde;

Un grossissement du grain;

Une oxydation intergranulaire de la sous-couche du métal;

Un mauvais état de surface de l'article fini qui exige un polissage ou un nettoyage important pour enlever les couches défectueuses tant au point de vue de l'aspect et des dimensions de la pièce obtenue, qu'au point de vue des qualités métallurgiques de cette pièce;

Une perte importante de métal par oxydation;

Une modification des teneurs des couches superficielles en métaux d'apport, tels que le chrome, le cuivre, le nickel, etc.

Il arrive également que les pellicules d'oxyde s'incrustent dans les outils servant à la déformation du métal et provoquent une usure trop rapide ou une détérioration de ceux-ci.

Comme on le voit, ces inconvénients sont nombreux et ils ont une triple conséquence : abaissement des qualités intrinsèques de l'objet obtenu, finition moins soignée de cet article, usure et détérioration de l'outillage.

On a déjà proposé diverses solutions pour tenter de remédier à ces inconvénients :

Il est possible de broser les ébauches oxydées lors de leur réchauffage, de manière à enlever la couche d'oxyde, mais une telle opération fait perdre un temps important et provoque une diminution notable de la température de la pièce, ce qui exige un réchauffage à une température plus élevée et entraîne par conséquent une formation plus grande d'oxyde.

On a également proposé d'effectuer le réchauffage de l'ébauche dans une atmosphère contrôlée non oxydante, mais cette solution nécessite la servitude d'équipements coûteux et si elle permet de réduire l'épaisseur des pellicules d'oxyde lors du réchauffage, elle ne supprime en rien la réoxydation en cours de déformation.

On a songé à réduire considérablement le temps de réchauffage en procédant au chauffage de la pièce par induction, mais ce procédé est coûteux et ne peut pas convenir aux pièces de toutes dimensions.

Enfin, on a également songé à recouvrir l'ébauche à l'aide d'un revêtement protecteur à base de cuivre, de chrome ou de nickel, mais une telle pratique n'a pu se développer car elle est coûteuse et présente d'importantes difficultés.

La présente invention concerne un procédé de fabrication par déformation de pièces sidérurgiques préalablement protégées de l'oxydation par une couche protectrice.

La présente invention a pour objet un nouveau procédé de déformation à chaud de produits sidé-

rurgiques, ce procédé étant essentiellement caractérisé par le fait qu'avant d'effectuer la déformation, on entoure l'ébauche d'un revêtement à base d'aluminium réalisé de préférence par trempage de l'ébauche d'un revêtement à base d'aluminium réalisé de préférence par trempage de l'ébauche dans un bain liquide du métal constituant le revêtement.

Lors de la déformation à chaud des ébauches munies d'un revêtement de protection conforme à l'invention, on constate que le revêtement se déforme en même temps que l'ébauche, ce qui permet d'obtenir une excellente protection contre l'oxydation et un produit défini lui-même revêtu d'une mince pellicule d'alliage à base d'aluminium.

Ce résultat tout à fait inattendu, car on sait depuis longtemps qu'à température ambiante les alliages fer-aluminium sont très fragiles et se fissurent lorsqu'on désire leur imposer la moindre déformation. En particulier, les composés Fe-Al et Fe<sub>3</sub>-Al présentent une grande dureté et sont très fragiles.

Cependant, l'expérience a montré qu'en opérant dans les conditions conformes à l'invention, ces alliages à base d'aluminium ont une plasticité comparable à celle du métal dans lequel est faite l'ébauche et qu'il est possible de conserver le revêtement protecteur jusqu'au dernier stade de la fabrication.

La présente invention a également pour objet le produit industriel nouveau que constitue un objet en fer ou alliage ferreux obtenu par déformation à chaud conformément au procédé indiqué ci-dessus.

Dans le but de mieux faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'illustration et sans aucun caractère limitatif plusieurs modes de mise en œuvre.

Pour vérifier la capacité de déformation de la pellicule protectrice d'alliage d'aluminium, qui est la caractéristique principale de l'invention, on prend une éprouvette de traction en acier doux, revêtue d'un alliage aluminium-silicium à 13 % de silicium; on chauffe cette éprouvette à une température de 1 000 à 1 200 °C, puis on la casse.

On constate que l'éprouvette s'allonge de 90 à 100 % et que la pellicule protectrice reste visible sur toute la surface de l'éprouvette, même dans la partie située à proximité de la cassure qui a été soumise à la striction.

L'analyse moyenne des pellicules indique environ 30 à 50 % d'Al et 50 à 70 % de fer pour le revêtement obtenu sur une tôle en acier doux de 4 mm. L'épaisseur de cette couche est d'environ 0,10 mm au bout de 5 minutes de maintien, et de 0,05 mm au bout de 1 minute de maintien dans le bain fondu d'aluminium 99,5 % à 800 °C.

Par laminage à 1 000 °C de 4 à 2 mm d'épaisseur, la tôle demeure toujours recouverte d'un alliage Al-Fe, mais cette pellicule ne renferme plus que 10 % d'Al, l'épaisseur étant toujours de 0,10 mm.

Cette faculté de l'acier de former avec le revêtement riche en Al au cours de la déformation à chaud des alliages de plus en plus dilués permet d'augmenter considérablement le pouvoir couvrant de la couche initiale dont la surface augmente ainsi au fur et à mesure de la déformation de la pièce.

Pour fabriquer par déformation à chaud, et conformément à l'invention, un produit tel qu'une clé, on procède tout d'abord au blanchissage de l'ébauche, soit par grenaillage, soit par sablage, soit encore par décapage chimique ou électrolytique.

Le décapage chimique peut par exemple être obtenu en immergeant l'ébauche dans un bain d'acide chlorhydrique dilué de 10 à 15 %, à la température de 20°, et éventuellement additionné d'acide nitrique, d'acide fluorhydrique, ou de chlorure d'étain.

Il est également possible de procéder au décapage de l'ébauche à l'aide d'un flux à base de chlorure de zinc concentré ou même fondu directement sur l'ébauche.

Dans ce cas, lorsque l'ébauche est ultérieurement trempée dans le bain à base d'aluminium, on obtient un excellent accrochage de la couche de l'alliage à base d'aluminium en raison de la présence du zinc qui s'allie d'une part au fer de l'ébauche, et d'autre part à l'aluminium de la couche de protection.

Toutefois, comme la présence du flux précité à l'inconvénient de dégager des fumées acides de chlorure d'aluminium, on peut, si on le désire, après décapage, revêtir l'ébauche de zinc, soit par immersion de celle-ci dans du zinc à l'état liquide, soit par électrolyse.

Il convient de remarquer que lorsque l'ébauche est soumise à un traitement de diffusion à une température supérieure à 800 °C, le zinc distille et il ne reste sur la pièce que l'alliage aluminium-fer.

L'ébauche, ayant été parfaitement décapée et se présentant sans oxyde ni dépôt ou enduit gras d'aucune sorte, est soigneusement séchée, de préférence par un préchauffage à une température d'environ 100 à 200 °C, de manière à chasser toute trace d'humidité sans provoquer la formation d'un film d'oxyde.

Pour effectuer le revêtement protecteur à base d'aluminium, on procède à l'immersion de l'ébauche ainsi préchauffée dans le bain d'alliage porté à une température comprise entre 600 et 800° pendant un temps qui est de l'ordre de quelques secondes lorsqu'on désire un revêtement de 1 à 2 microns d'épaisseur, mais qui peut atteindre quelques minutes dans le cas de plus fortes épaisseurs, 0,10-0,15 mm par exemple.

Le bain dans lequel on trempe l'ébauche peut être constitué par de l'aluminium pur ou par des alliages d'aluminium et de moins de 15 % de silicium, d'aluminium et de moins de 20 % de zinc, d'aluminium et de moins de 8 % de cuivre, d'alu-

minium et de moins de 20 % de calcium, ou encore d'aluminium et d'environ 2 % de manganèse, de nickel, de chrome, etc.

Cependant, parmi tous ces alliages, il est recommandé d'utiliser un alliage d'aluminium et de 3 à 13 % de silicium, un alliage d'aluminium et de 3 à 5 % de zinc ou de l'aluminium pur.

Lorsqu'on retire l'ébauche après son immersion dans le bain d'alliage d'aluminium, il faut veiller à ce que les pellicules qui recouvrent le bain ne soient pas entraînées avec l'ébauche. Il est possible d'écarter ces pellicules juste avant l'immersion ou l'émersion de l'ébauche soit par soufflage d'argon, soit à l'aide de tôles minces. Il est quelquefois nécessaire de procéder également à un brossage rapide de l'ébauche lors de son refroidissement pour enlever les pellicules ou grumeaux que le passage à la hauteur de la couche oxydée du bain a pu déposer.

Lorsque l'ébauche est ainsi recouverte et préchauffée, elle est placée dans un four qui la porte à la température de déformation. Cette température est généralement supérieure à 850 °C et peut même atteindre 1 250 °C.

Lorsque l'ébauche a été portée à la température voulue dans toute sa masse, elle est ensuite passée à la presse, la lubrification étant effectuée avec du graphite ou des graisses résistant à la chaleur. On arrête le forgeage à une température voisine du point de transformation de l'acier, cette température pouvant être cependant inférieure au point  $Ac^3$  (par exemple 700 ou 600 °C).

On a représenté sur la figure unique du dessin les variations de la dureté des couches superficielles d'une clé plate forgée en acier mi-dur, d'une part conformément à l'invention, et d'autre part sans procéder au revêtement.

Cette clé est réalisée à l'aide d'un acier mi-dur dont la composition est la suivante :

Carbone : 0,35 % ;  
Manganèse : 0,80 % ;  
Chrome : 0,80 % ;  
Vanadium : 0,10 % ;  
Silicium : 0,3 %.

Le revêtement est obtenu en immergeant l'ébauche pendant une durée de 1 à 2 minutes dans un bain à une température de 750 à 800 °C maximum, ayant la composition suivante :

Al : 98,99 % ;  
Fe : 0,5 à 1 % ;  
Si : 0,5 à 1 %.

Sur la figure, on a représenté en abscisses la distance en mm comptée à partir de la surface, du point auquel on a mesuré la dureté. On a porté en ordonnées les chiffres représentant la micro-dureté Vickers mesurée avec une charge de 100 g.

La courbe 1 représente la dureté dans le cas de la clé fabriquée conformément à l'invention.

La courbe 2 représente la dureté dans le cas d'une clé forgée d'une manière classique.

On remarque tout d'abord que la dureté du métal de base est d'environ 280 Vickers.

Dans le cas de la courbe 2, qui présente un forgeage normal, la dureté diminue au fur et à mesure que l'on se rapproche du bord tendre vers une valeur de l'ordre de 200 Vickers. Cette diminution de la dureté correspond à une décarburation de l'acier due à la présence de la couche d'oxyde.

On remarque par contre, dans le cas de la courbe 1, qui correspond à la clé fabriquée conformément à l'invention, que la dureté croît très notablement dès que l'on se rapproche à moins de 0,1 mm du bord de la pièce pour atteindre des valeurs allant jusqu'à 400 Vickers au moins.

La clé obtenue conformément à l'invention présente donc un revêtement superficiel d'une très grande dureté.

D'excellents résultats ont été obtenus en forgeant, conformément à l'invention, un couteau en acier comportant 13 % de chrome et 0,2 % de carbone, et un ciseau en acier comportant 0,6 % de carbone, 0,5 % de manganèse et 0,35 % de silicium.

On voit que les objets fabriqués par déformation à chaud conformément à l'invention présentent un revêtement superficiel très dur qui permet de donner à l'objet fini un poli particulièrement intéressant, cette couche dure assurant d'ailleurs une protection contre la corrosion ultérieure de cet objet.

De plus, lors de la formation à chaud, le revêtement protecteur évite, comme cela a été expliqué plus haut, toute oxydation du métal sous-jacent tout en facilitant la déformation du métal.

Il est bien entendu que les modes de mise en œuvre indiqués ci-dessus ne sont donnés qu'à titre d'exemples et pourront recevoir toutes modifications désirables sans sortir pour cela du cadre de l'invention.

Parmi les différents modes de déformation plastique à chaud, le procédé décrit n'est pas limité aux opérations de frappe et de forgeage, mais peut également être utilisé pour celles de filage et de laminage par exemple.

#### RÉSUMÉ

La présente invention a pour objet :

A. Un nouveau procédé pour fabriquer des objets en métaux ferreux obtenus par déformation à chaud en particulier dans l'intervalle de 600 à 1 250 °C. ce procédé étant essentiellement caractérisé par le fait qu'avant forgeage on enrobe l'ébauche d'une couche de protection à base d'aluminium, ce procédé pouvant présenter en outre les caractéristiques suivantes prises isolément ou en combinaison :

1° La couche protectrice est obtenue en immergeant l'ébauche préalablement décapée dans un bain d'aluminium 98,99,9 % ou dans un alliage d'aluminium en fusion ;

[1.297.906]

2° Pour une ébauche en acier au carbone non allié on utilise un bain constitué par un alliage d'aluminium et de 13 % de silicium;

3° Pour un acier faiblement allié, on utilise un bain contenant un alliage d'aluminium, de cuivre et de zinc;

4° Le bain de revêtement peut être constitué par des alliages d'aluminium et de silicium, zinc, magnésium, cuivre, calcium, manganèse;

5° L'ébauche est décapée par immersion dans un bain à 20° constitué par de l'acide chlorhydrique à une concentration de 10 à 15 %, additionné d'acide nitrique, d'acide fluorhydrique et de chlorure d'étain si nécessaire;

6° Préalablement à l'immersion, l'ébauche, après avoir été décapée, est revêtue d'une couche de zinc facilitant l'accrochage du revêtement protecteur à base d'aluminium;

7° Préalablement à l'immersion, l'ébauche, après avoir été décapée, est revêtue d'une couche d'étain facilitant l'accrochage du revêtement protecteur à base d'Al.

B. Le produit industriel nouveau que constitue un objet obtenu à partir d'une ébauche par déformage à chaud, essentiellement caractérisé par le fait que la plus grande partie de sa surface est munie d'un revêtement à base d'aluminium, ce revêtement présentant une grande dureté et permettant à l'objet en question de mieux résister à l'attaque des agents extérieurs (rouille par exemple) tout en ayant un meilleur aspect dû au polissage qu'il est possible de lui conférer de manière durable.

GASTON BEAUJEU-DUMONTEL

Par procuration :

Alain CASALONGA

FR.1,297,906 Ferrous metal articles are formed by hot deformation at 600-1250°C, the blank first being coated with a protective layer based on aluminium. 26.5.61. BEAUJEU-DEMONTEL G.

N° 1.297.906

Beaujeu-Demontel

PT. unique

